



Monte Carlo simulering af Onboard-projektets udrustningsplan

Signalprogrammet – SP PMO 29.10.2018

banedanmark



Indhold

1	Resumé	3
2	Indledning	5
3	Baggrund om Deloittes 2017-monte carlo simulering.....	6
3.1	Deloittes review af Signalprogrammet	6
3.2	Deloittes simuleringsmodel	6
3.3	Resultaterne af Deloittes simulering i 2017.....	7
3.4	Ikke modellerede risici	7
4	Dokumentation af Banedanmarks 2018 monte carlo simulering.....	9
4.1	Tilpasning og dokumentation af simuleringsmodellen.....	9
4.2	Dokumentation af data-input og forudsætninger	10
4.3	Dokumentation af output og analyse	11
5	Analyse af 2018-simuleringens resultater	12
5.1	DSB MQ.....	14
5.2	DSB IC3	15
5.3	DSB ABs	16
5.4	Arriva Lint41.....	17
5.5	Lokaltog Lint41.....	17
5.6	DSB IR4.....	18
6	Konklusion	20

1 Resumé

Banedanmark har i september 2018 gennemført en monte carlo simulering af usikkerheden forbundet med Signalprogrammets ombordudrustningsplan (august 2018 udkast fra leverandøren Alstom) for at vurdere, om togene kan udrustes som forudsat i Signalprogrammets programplan og Banedanmarks 2018 Anlægsplan. Simuleringen er gennemført ved brug af en justeret version af den model, som Deloitte brugte i forbindelse med reviewet af Signalprogrammet i 2017. Modellen er justeret af Deloitte for Banedanmark, for at modellen så vidt muligt afspejler rammerne for Signalprogrammets ombordudrustning.

Deloitte's simulering fra 2017 viste, at det var usandsynligt at overholde den daværende 2016-plan for Signalprogrammet. På den baggrund valgte Banedanmark i 2017 at genplanlægge og udarbejde en ny strategi for Signalprogrammet.

På baggrund af den nye simulering af usikkerheden ved ombordudrustningsplanen vurderer Banedanmark, at det generelt er sandsynligt, at de nødvendige tog senest er udrustet når de skal bruges ifølge de nye planer for Signalprogrammet (Banedanmarks Anlægsplan 2018). Banedanmarks vurdering er bl.a. baseret på hidtil høstede erfaringer og mulige mitigerende handlinger. Simuleringen viser også, at der fortsat er væsentlig usikkerhed forbundet med udrustningsplanen. Denne usikkerhed vil dog eventuelt kunne nedbringes yderligere, når Banedanmark høster flere erfaringer i forbindelse med serieudrustningen af bl.a. IC3. Banedanmark vurderer på baggrund af den nye 2018 simulering, at Signalprogrammets nuværende programplan og Banedanmarks Anlægsplan 2018 kan overholdes, og at der derfor på nuværende tidspunkt ikke er grundlag for at justere strategien for Signalprogrammet eller igangsætte yderligere immunisering.

For DSB IC3 viser simuleringen, at der fortsat er usikkerhed ved udrustningsplanen for IC3. Simuleringen viser, at der er 50% sandsynlighed for, at de 96 tog senest er udrustet i august 2023 – dvs. 4 måneder inden de skal bruges ultimo 2023. I simuleringen med 95% sandsynlighed – hvor stort set alle kendte usikkerheder indtræffer så negativt som muligt – vil de 96 tog først være klar i oktober 2025, men de første 20 tog vil dog være udrustet som forudsat ultimo 2020. Usikkerheden ved udrustningen af IC3 vil som nævnt eventuelt kunne nedbringes yderligere når Banedanmark har påbegyndt serieudrustningen af IC3 i 2019. Da udrustningen af IC3 er kritisk for Signalprogrammet, vil det være væsentligt fortsat at følge IC3 tæt for at øge sikkerheden for, at togene kan udrustes til ultimo 2023.

For DSB MQ er der 95% sandsynlighed for, at alle 20 tog er udrustet til ultimo 2020. For de første 12, som skal bruges til Roskilde-Køge er det dog sandsynligt (50%), at togene først er klar i løbet af 1. halvår 2019. Her kan der derfor være behov for først at ibrugtage strækningen i slutningen af 1. halvår 2019, når togene er udrustet og derved samtidigt imødekomme eventuelle udfordringer i ERTMS-infrastrukturprojektet på strækningen og ønsker fra DSB.

For DSB ABs er der 95% sandsynlighed for, at de nødvendige tog er udrustet som forudsat. For DSB IR4 viser simuleringen, at togene med 95% sandsynlighed senest er udrustet i august 2022, hvis serieudrustningen igangsættes i 1. halvår 2020.

I forhold til simuleringen af Lokaltog Lint41 vurderer Banedanmark, at simuleringen her ikke er fuldstændig repræsentativ for, hvordan usikkerhederne ved denne togtype i praksis vil blive håndteret og mitigeret. Ifølge simuleringen er det sandsynligt, at der først er 12 tog udrustet i marts 2021 - dvs. 3-5 måneder senere end forudsat. Banedanmark vurderer derimod, at togene kan være udrustet til 4. kvartal 2020, idet der siden simuleringen er arbejdet på en ny plan for disse toge, hvor der bl.a. mitigeres ved at nedbringe antallet af First of Class.

For Arriva Lint41 er der 95% sandsynlighed for, at de første 15 tog er udrustet til ibrugtagning af Struer-Thisted i 2019. Der er over 50% sandsynlighed for, at alle 43 tog er udrustet til ibrugtagning af Holstebro-Struer-Langå i december 2020.

2 Indledning

Banedanmark skal i efteråret 2018 levere en fasegodkendelsesrapport om Signalprogrammet til Transport-, Bygnings- og Boligministeriet. Rapporten skal give en status for Signalprogrammet med henblik på at bekræfte den nuværende strategi for programmet.

For Onboardprojektet skal der gives en status på og vurdering af ombordudrustningen. Til dette formål har Banedanmark gennemført en monte carlo simulering af udrustningsplanen fra leverandøren Alstom (planudkast fra august 2018). Simuleringen er gennemført ved brug af en justeret udgave af den model, som Deloitte brugte i 2017 ved reviewet af Signalprogrammet. Dette notat omfatter resultaterne af simuleringen for udrustningen af følgende udvalgte tog¹:

- DSB MQ (20)
- DSB IC3 (96)
- DSB ABs (25)
- Arriva Lint41 (43)
- Lokaltog Lint41 (12)
- DSB IR4 (44)

Simuleringen kan bruges til at vurdere mulige konsekvenser af usikkerheder forbundet med udrustningsplanen. Simuleringen kan også bruges til at vurdere sandsynligheden for, at de nuværende planer for Signalprogrammet (programplanen og Banedanmarks 2018 Anlægsplan pba. trafikplanen) kan overholdes.

Denne rapport sammenfatter resultaterne og analysen af Banedanmarks monte carlo simulering af udrustningsplanen, og beskriver, hvordan analysen er dokumenteret.

¹ Der afrapporteres kun på de togtyper, som også indgår i Banedanmarks månedlige statusrapport om Signalprogrammet til ministeriet, samt IR4.

3 Baggrund om Deloittes 2017-monte carlo simulering

3.1 Deloittes review af Signalprogrammet

Deloitte gennemførte i 2017 et review af Signalprogrammet. I den forbindelse gennemførte Deloitte en monte carlo simulering af den daværende udrustningsplan. Deloitte byggede selv den model, som blev brugt til simuleringen ved brug af værktøjet powersim. Modelopbygningen og data-input blev gennemført med input fra Banedanmark.

Deloitte har dokumenteret modellen, metoden og brugen heraf i sin rapport fra november 2017 om reviewet af Signalprogrammet, som blev offentliggjort i april 2018². De nærmere detaljer herom kan findes i den rapport og er ikke gengivet her.

Baggrunden for Deloittes simulering i 2017 var, at den daværende udrustningsplan var behæftet med stor usikkerhed i forhold til installation af ERTMS-signaludstyr (ombordudstyr) i togflåden. Der var ikke tillid til Alstoms plan for udrustningen, og forudsætninger var ukendte/usandsynlige/overoptimistiske, hvorfor planen ikke var robust. Det var derfor væsentligt at få belyst de usikkerheder og risici, som potentielt kunne medføre forsinkelser i forhold til udrustningsplanen.

3.2 Deloittes simuleringsmodel

Simuleringen blev baseret på tre input-estimer (best-, realistic- og worst-case) for alle typer af variable. Fire typer af data, rangeret efter deres validitet/sikkerhed, blev anvendt: 1) Alstoms faktiske tidsforbrug på First of Class for Nordjyske Jernbaner DM, Arriva Lint41 og DSB MQ. 2) Europæiske erfaringer med udrustningsprocessen. 3) Ekspertviden (bl.a. Mott MacDonald og Onboardprojektets projektleder). 4) Alstoms estimerede tidsforbrug jævnfør nyeste planlægningsgrundlag

Alstom-planen er i 2018 brugt som realistic-case input, hvis Banedanmark har vurderet, at der var robusthed i planen, og at der derfor var mulighed for et mere optimistisk input til best case. Ellers er Alstom-planen brugt som best case. I 2017 blev best-case input hovedsageligt baseret på Alstoms udrustningsplan fra oktober 2017, mens datainput for realistic- og worst-case blev estimeret på baggrund af de øvrige datakilder. Derudover blev togtypernes kompleksitet vurderet, hvilket havde betydning for forudsætninger vedr. muligt antal First of Classes, design- og installationstider, samt læringseffekter og fejlforekomster.

Modellen tager udgangspunkt i en trekantsfordeling af input til de forskellige estimer. Dvs. at der ikke indgår en særskilt sandsynlighedsvurdering af de enkelte estimer. Udgangspunktet er, at der er tale om usikkerhed, og at sandsynligheden ikke kan vurderes nærmere. Modellen tager således ikke højde for om fx best case er mere sandsynligt end worst case. For de input-variable, hvor afstanden mellem worst-case og realistic-case (fx værdierne 25 og 5) er væsentligt større end afstanden mellem best-case og realistic case

² Deloitte. Review af Signalprogrammet 2017: <https://www.trm.dk/da/publikationer/2018/deloitte-review-af-signalprogrammet>

(fx 1 og 5) betyder det, at simuleringen vil have tendens konservative eller pessimistiske simuleringer/sandsynlighedsfordelinger pga. det bias der er i input. Banedanmark har valgt ikke at justere i input for at korrigere i denne tendens.

3.3 Resultaterne af Deloittes simulering i 2017

Deloittes simulering fra 2017 viste, at det var usandsynligt, at togene kunne udrustes som forudsat i 2016-planen for Signalprogrammet. For bl.a. IC3 var der under 5% sandsynlighed, og for de fleste andre togtyper var der under 50% sandsynlighed. Særligt usikkerheder og risici knyttet til leveranceplanen for IC3-togene, viste sig for omfattende til, at mulige forsinkelser kunne mitigeres rettidigt. Deloittes review anbefalede derfor en genplanlægning af hele Signalprogrammet med ombordudrustningen som udgangspunkt³. Banedanmark valgte at bruge worst case (95%) simuleringen som udgangspunkt for den nye programplan, for at tage højde for alle kendte usikkerheder.

3.4 Ikke modellerede risici

I forbindelse med Deloitte reviewet blev der desuden identificeret en række risici, som ikke blev brugt i simuleringsmodellen – enten fordi deres mulige effekt skævvred modellens resultater, eller fordi det ikke var muligt at kvantificere deres sandsynlighed og konsekvenser. Disse ikke-modellerede risici omfattede:

- Sikkerhedsrelaterede fejl i forbindelse med konvertering af ombordudrustnings-APIS Level 0 til 2 (Lukket)⁴
- Beslutning om opgradering af softwarebaselines
- Systemiske risici (såsom juridiske tvister, samarbejdsvanskeligheder, mv.)
- Fortrolighed (manglende åbenhed) fra jernbanevirksomhedernes side om togenes materieltilstand og yderligere First of Class
- Beslutning om separat godkendelsesproces (Lukket)⁵
- Implementering af Den Fjerde Jernbanepakke

Disse ikke-modellerede usikkerheder er enten lukkede eller følges fortsat i den løbende styring af Signalprogrammet, og indgår derfor heller ikke i Banedanmarks 2018-simulering af udrustningsplanen.

Deloitte har oplyst, at simuleringsmodellen for Signalprogrammets ombordudrustning ikke kan simulere på baggrund af sandsynlighedsvurdering af risici/estimer, og derfor ikke kunne medtage ovennævnte risici uden at skævvride simuleringens resultater. Til

³ Deloitte. Review af Signalprogrammet 2017, side 244-45.

⁴ Risikoen for, at der i konvertering fra Level 0 til 2 skulle opstå sikkerhedsrelaterede fejl, som kunne annullere den oprindelige ibrugtagningsgodkendelse, indtraf ikke for Nordjyske Jernbaners DM.

⁵ Denne ikke-modellerede usikkerhed er lukket ned, da Signalprogrammet valgte at bruge den proces, hvor serietog kan udrustes på sikkerhedsmæssig baggrund af en henvisning til First of Class-godkendelsen (ibrugtagningstilladelsen af prototype-toget).

simulering af planerne for Elektrificeringsprogrammet har Deloitte derfor udarbejdet en model der adskiller sig ved at sandsynligheden ved estimater og risici kan vurderes og simuleres i modellen. Det har i 2018 ikke været muligt at tilpasse modellen for Signalprogrammets ombordudrustning så den på samme måde kan simulere risici.

4 Dokumentation af Banedanmarks 2018 monte carlo simulering

Dette afsnit beskriver, hvordan Deloittes ændringer af simuleringsmodellen er dokumenteret, hvordan Banedanmarks data-input og forudsætninger er dokumenteret, og hvordan Banedanmark har dokumenteret simuleringens resultater (output) og analysen heraf.

4.1 Tilpasning og dokumentation af simuleringsmodellen

I forbindelse med, at Deloitte overdrog sin powersim-model til Banedanmark i 2018, identificerede Banedanmark en række forhold og begrænsninger ved Deloittes model, som gjorde at modellen ikke simulerede udrustningen af togene korrekt set i forhold til de reelle rammer for udrustningen. Banedanmark og Deloitte vurderede sammen, at det ikke var muligt at afspejle disse forhold korrekt uden at tilpasse modellen. Deloitte har derfor på foranledning af Banedanmark ændret visse dele i modellen.

De ændringer af modellen, som Deloitte har foretaget er beskrevet af Deloitte, dels i et notat⁶ om model-ændringer, dels i en præsentation⁷, som dokumenterer hvordan modellen virker og bruges. Ændringerne omfatter bl.a.:

- At der kan angives særskilt forsinkelse i forbindelse med First of Series, hvilket tilføjes efter det første serietog før resten af serieudrustningen gennemføres. Ændringen skyldes, at leverandøren i den nye plan indlægger en pause for at sikre erfaringsopsamling og forberedelse forud for den resterende serieudrustning – bl.a. som følge af erfaringerne med de allerede udrustede first of class/series for DM, MQ og Lint41.
- At det bliver muligt at tilpasse, hvornår ekstra værkstedsspor tages i brug, således at ekstra spor først tages i brug efter et vist antal tog er udrustet. Ændringen skyldes, at denne tilgang også er indarbejdet i leverandørens nye plan for IC3, således at der i hver serie udrustes 10 tog før der udrustes i parallel.
- Læringskurver gøres til variable input, som kan tilpasse den enkelte togttype. I leverandørens nye tidsplan er der forudsat mere konservative læringskurver, hvilket Banedanmark derfor har behov for at kunne afspejle i simuleringen.

Potentielle mitigerende tiltag identificeret af Deloitte i forbindelse med reviewet i 2017 er afsøgt af Banedanmark, men der her ikke været grundlag for at indarbejde dem i planerne eller i simuleringen heraf.

⁶ Deloitte. Memorandum – List of changes to the onboard fitment simulation model in 2018. 26. oktober 2018.

⁷ Deloitte. Guide to Simulationmodel_v2.0. 7. august 2018.

Uanset ændringerne af modellen vurderer Banedanmark imidlertid, at modellens indbyggede beslutningslogik synes at medføre, at visse input har tendens til at have en meget stor effekt på simuleringens resultater, hvorfor både 50% og 95% scenarierne synes at være enten konservative eller meget pessimistiske. Dette skyldes modellens håndtering af input som trekantsfordelte, uanset at den indbyrdes sandsynlighed mellem de enkelte input kan være anderledes (som beskrevet på side 6-7).

Det skal desuden bemærkes, at som følge af justeringerne af modellen, så kan 2017-simuleringens resultater ikke sammenlignes 1:1 med 2018-simuleringens resultater, ligesom resultaterne fra 2017 ikke kan gengives med den tilpassede model.

4.2 Dokumentation af data-input og forudsætninger

Banedanmark har dokumenteret data-input og forudsætninger på et overordnet niveau i denne rapport (se afsnit for de enkelte togtyper), og på et detaljeret niveau i selve input-filen⁸ til simuleringsmodellen via kommentarer til de enkelte data-værdier. Data-input bygger på følgende kilder:

- Alstoms faktiske tidsforbrug på First of Class for Nordjyske DM, Arriva Lint 41 og DSB MQ, samt gennemført serieudrustning.
- Alstoms estimerede tidsforbrug jævnfør det nyeste planudkast fra august 2018.
- Ekspertviden (Onboardprojektets Projektleder og medarbejdere)

Alle data-input er valideret af Onboardprojektets projektleder.

Alstoms nyeste planudkast fra august 2018⁹ er brugt som enten best-case eller realistic-case input-estimat. Alstoms planudkast er brugt til realistic case, hvis Onboard-projektet har vurderet, at der er robusthed i planen, og at et mere optimistisk input er muligt til brug for best case-input. Alternativt er Alstoms planudkast brugt til best-case input. Forudsætningerne for Alstoms nye planudkast er kendte af Banedanmark og bygger på erfaringerne med udrustning af "nemme"¹⁰ tog, samt erfaringer med First of Class og First of Series. Planen har robusthed - bl.a. "pauser" efter udrustning af first of class for at samle op på læring/erfaringer samt forberedelse forud for resterende serieudrustning og mere konservative læringskurver. I visse tilfælde har Banedanmark derfor også forudsat mere optimistiske input-værdier end Alstom-planens til brug for best-case input. I tilfælde af, at Banedanmark har vurderet, at planen indeholder noget robusthed, er planen således anvendt som det realistiske input-estimat, mens der er estimeret et mere optimistisk best-case input.

Det skal desuden bemærkes, at som følge af, at 2018-simuleringen er foretaget over en hel ny plan fra Alstom, så kan 2017-simuleringens resultater ikke sammenlignes 1:1 med 2018-simuleringens resultater, og resultaterne kan ikke tolkes på samme måde. Både

⁸ Banedanmark. Input-fil til simuleringsmodellen: Input_20180905 - v35. 5. september 2018.

⁹ Siden simuleringen af Alstoms plan-udkast fra august 2018 har Banedanmark modtaget andre plan-udkast fra Alstom. Det har ikke været muligt, at simulere på baggrund af disse nye plan-udkast. Ingen af disse plan-udkast er i øvrigt endelige eller godkendt af Banedanmark.

¹⁰ Dvs. tog med lav kompleksitet – jf. klassifikationen i Deloitte's review af Signalprogrammet fra 2017.

planen som udgør input er anderledes, og det er de medfølgende usikkerheder desuden også. Effekterne af ens usikkerheder, som fx en ekstra First of Class bliver desuden ikke mindre af, at planen er mere robust, men forskubbes tidsmæssigt i planen. Dvs. at øget robusthed i planen medfører senere færdiggørelsestidspunkt for serierne, og at usikkerheden ved fx First of Class fortsat kommer oven i/forlænger udrustningstiden.

4.3 Dokumentation af output og analyse

Banedanmark har dokumenteret resultatet og analysen af monte carlo simuleringen dels i denne rapport, dels i selve output-filen¹¹ til simuleringsmodellen, og dels i en opsummerende præsentation¹² udarbejdet af Onboardprojektet.

Data-outputtets sandsynlighedsfordelinger består af en række datoer, som modellen har simuleret for hvert enkelt tog i alle serier for alle togtyper efter at have fortolket og beregnet input-estimerne. Disse datoer kan sorteres og udvælges ud fra de fraktiler der ønskes. Banedanmark har valgt at tage udgangspunkt i hhv. 5%, 50% og 95% fraktiler, så resultaterne i udgangspunktet er sammenlignelige med resultaterne af Deloitte's 2017-simulering.

Det skal desuden bemærkes, at data skal tolkes i relation til den plan der, som udgør grundlaget for simuleringen, jf. bemærkningerne til de foregående afsnit. Som tidligere nævnt bemærker Banedanmark desuden, at modellen synes at have tendens til, at usikkerheder i form af input til realistic-case og worst-case vedr. fx ekstra First of Class eller fejl vægtes meget højt i både 50% og 95% simuleringerne, uanset robusthed i den nye Alstom plan grundet konservativt bias i input. Modellen tager desuden ikke højde for hvordan Signalprogrammet i praksis ville håndtere og mitigere forsinkelser, fx ved fund af yderligere first of class.

¹¹ Banedanmark. Output-fil til BDK output interpretation sheet - 20180905 - v35. 5. september 2018.

¹² Banedanmark, Onboardprojektet. Powersim_ Deloitte MC tool simulation presentation v04. 6. September 2018.

5 Analyse af 2018-simuleringens resultater

Dette afsnit beskriver de overordnede resultater af Banedanmarks monte carlo simulering af Alstoms udkast til en udrustningsplan, samt resultaterne og analysen heraf for de enkelte togtyper – hhv. DSB MQ, DSB IC3, DSB Abs, Arriva Lint41 og Lokaltog Lint41. Simuleringen af DSB IR4 indgår også, selvom der endnu ikke er taget beslutning om hvorvidt disse tog udrustes. For hver togtype redegøres der overordnet for grundlag for datainput, resultaterne af simuleringen sammenholdt med hvornår de pågældende tog skal bruges til en given strækning i Signalprogrammets programplan, samt analyse af resultatet og vurdering af simuleringens relevans i forhold til at vurdere om programplanen kan overholdes.

Tabellen nedenfor viser de overordnede resultater af Banedanmarks monte carlo simulering af udrustningsplanen. Tabellen er opdelt på togtyper og det specifikke antal tog der skal bruges ved ibrugtagning af en given strækning eller alternativt milepæle opstillet i Trafikplanen. I tabellen sammenholdes 2018-simuleringens resultater (5%, 50%, og 95%) med hhv. 2017-simuleringen (95%), Alstom planudkastet fra august 2018 og Signalprogrammets nuværende programplan. Simuleringens resultater, skal tolkes på følgende måde:

- Best case simulering: 5% sandsynlighed for, at togene senest er udrustet på den anførte dato. Dvs. at der ifølge simuleringen er en lille sandsynlighed for, at togene er udrustet til denne dato eller at det evt. er usandsynligt. Simuleringen er overvejende sammenfaldende med best case input.
- Realistic case simulering: 50% sandsynlighed for, at togene senest er udrustet på den anførte dato. Dvs. at det ifølge simuleringen er sandsynligt, at togene er udrustet til denne dato. Af de 3 simuleringer giver 50% simuleringen det mest realistiske udfald på baggrund af de identificerede usikkerheder.
- Worst case simulering: 95 % sandsynlighed for, at togene senest er udrustet på den anførte dato. Dvs. at ifølge simuleringen, så er togene med al sandsynlighed udrustet til denne dato. Simuleringen er overvejende sammenfaldende med worst case input og indebærer stort set, at alle identificerede usikkerheder indtræffer med så negativ konsekvens som muligt, uden at tage højde for muligt mitigerende heraf.

Grøn markering angiver, at datoen ligger forud for programplanen/trafikplanens milepæle, og at der evt. er en tidsmæssig buffer. Gul markering angiver, at datoen er for sen ift. de forudsatte milepæle, men at overskridelsen kan håndteres eller at simuleringen af andre årsager ikke er relevant/uden betydning. Rød markering angiver, at datoen er for sen ift. programplanen, og at der ikke er en buffer.

Tog		2017 (95%)	Alstom plan aug-18	Best case (5%)	Realistic case (50%)	Worst case (95%)	SP Programplan 2018		
Antal	Type	Dato	Dato/buffer	Dato/buffer	Dato/buffer	Dato/buffer	Behov	EDL/RO	Strækning
DSB MQ									
12	Serie 1	jan-19	apr-19 -1	apr-19 -1	jun-19 -3	okt-19 -7	mar-19	Øst EDL N	(Roskilde)-(Køge)
20	Serie 1+2	okt-20	aug-19 17	okt-19 15	jun-20 7	dec-20 1	jan-21	Øst RO 10	(Odense)-Svendborg
DSB IC3									
6	Serie 2	jul-19	okt-19 2	nov-19 1	jan-20 -1	maj-20 -5	dec-19	[Trafikplan]	
20	Serie 2	dec-19	mar-20 9	mar-20 9	jul-20 5	dec-20 0	dec-20	Øst EDL S	Køge-(Næstved)
46	Serie 2	okt-20	sep-20 15	okt-20 14	jan-21 11	sep-21 3	dec-21	[Trafikplan]	
79	Serie 2+1	jan-22	feb-22 10	nov-21 13	jul-22 5	okt-24 -22	dec-22	[Trafikplan]	
96	Serie 2+1+Indusi	nov-22	apr-23 8	sep-22 15	aug-23 4	okt-25 -22	dec-23	Øst RO 1	(Kbh./Vigerslev)-(Ringsted)
DSB ABs									
1	FoC APIS	jun-19	aug-19 4	aug-19 4	nov-19 1	mar-20 -3	dec-19	[Trafikplan]	
10	Batch 1	feb-20	maj-20 7	maj-20 7	aug-20 4	jan-21 -1	dec-20	[Trafikplan]	
12	Batch 1	mar-20	jun-20 12	jun-20 12	okt-20 8	feb-21 4	jun-21	Øst EDL S	Køge-(Næstved)
25	Batch 1+2	maj-21	nov-20	jan-21	okt-21	jul-22			
DSB IR4									
44	DSB IR4	apr-21	maj-22	mar-21	jan-22	aug-22			
Arriva Lint41									
15	Serie 1	apr-19	jan-19 7	jan-19 7	jan-19 7	jun-19 2	aug-19	Vest RO 8	(Struer)-Thisted
43	Serie 1+2	feb-21	jun-20 6	apr-20 8	aug-20 4	sep-21 -9	dec-20	Vest RO 5	(Holstebro)-Struer-(Langå)
Lokaltog Lint41									
12	BS1 og BS2A og BS3	aug-20	jul-20 3	aug-20 2	mar-21 -5	dec-21 -14	okt-20	Øst EDL N	(Roskilde)-(Køge)

Der er xx % sandsynlighed for, at togene senest er udrustet på [data].

Tabellen viser, at det ifølge simuleringen generelt er sandsynligt (over 50% sandsynlighed), at de nødvendige tog senest er udrustet når de skal bruges ifølge programplanen/Anlægsplanen/trafikplanen.

For DSB MQ er der 95% sandsynlighed for, at alle 20 tog er udrustet til ultimo 2020. For de første 12, som skal bruges til Roskilde-Køge er det dog sandsynligt (50%), at togene først er klar i løbet af 1. halvår 2019.

For DSB IC3 viser simuleringen over 50% sandsynlighed for, at alle 96 tog er udrustet til ultimo 2023. Der er 95% sandsynlighed for, at de første 20 er udrustet ultimo 2020. Simuleringen viser, at der fortsat er usikkerhed forbundet med udrustningen af IC3 – bl.a. fordi serieudrustningen ikke er påbegyndt. Først når serieudrustningen påbegyndes opnås der erfaringer der kan kvalificere udrustningsplanen yderligere og eventuelt nedbringe usikkerheden.

For DSB ABs er der 95% sandsynlighed for, at de nødvendige tog er udrustet som forudsat. For DSB IR4 viser simuleringen, at togene med 95% sandsynlighed senest er udrustet i august 2022, hvis serieudrustningen igangsættes i 1. halvår 2020.

I forhold til simuleringen af Lokaltog Lint41 vurderer Banedanmark, at simuleringen her ikke er fuldstændig repræsentativ for, hvordan usikkerhederne ved denne togtype i praksis vil blive håndteret, idet modellen har visse begrænsninger i forhold til at simulere udrustning af så lille og uensartet en togserie. Ifølge simuleringen er det sandsynligt (baseret på 50% scenariet), at der først er 12 tog udrustet i marts 2021 - dvs. 3-5 måneder senere end forudsat. Banedanmark vurderer derimod, at togene kan være udrustet til 4. kvartal 2020, idet der siden simuleringen er planlagt mitigerings ved at nedbringe antallet af First of Class.

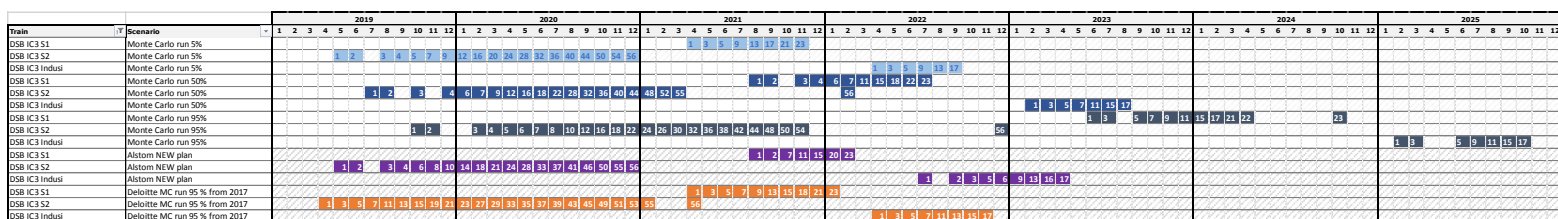
For Arriva Lint41 er 95% sandsynlighed for, at de første 15 tog er udrustet til ibrugtagning af Struer-Thisted i 2019. Der er over 50% sandsynlighed for, at alle 43 tog er udrustet til ibrugtagning af Holstebro-Struer-Langå i december 2020.

Data-input: Datainput til realistic-case-estimatet for DSB IC3 er hovedsageligt baseret på Alstoms 2018-plan. Derudover er der anvendt nogle historiske data for First of Class. Banedanmark vurderer Alstom planen indeholder en vis robusthed, og tager højde for de erfaringer, der er opnået i hidtidige indbygningsforløb med IC3 og med andre togtyper, samt krav fra DSB Vedligehold for at de kan stå for serieindbygning.

I planen er der således taget udgangspunkt i 1) at der med de første 10 tog i serie 1 og 2 og for de 17 Indusi kun udrustes ét tog ad gangen, 2) at læringskurven for indbygning er mere konservativ, samt 3) at påbegyndelse af serieinstallation er udskudt pga. STM-fejlen og efterindbygningsaktiviteterne på første First of Class. Samlet set øger det planens robusthed. Til best-case-estimerne er der forudsat, at der kan opnås visse optimeringer ift. Alstom planen. Både best case og realistic case estimerne forudsætter i alt 3 first of class. Til worst case input er der forudsat op til i alt 6 first of class (1 for Indusi, 3 til serie 2 og 2 til serie 1).

Data-output: Simuleringen viser, at det er sandsynligt (50%), at programplanens milepæle for IC3 kan nås, og der er i dette scenarie en vis buffer. For de første 20 IC3 som skal være klar i 2020 er der 95% sandsynlighed for at de er udrustet.

Figuren nedenfor viser simuleringerne af udrustningsplanen på et mere detaljeret niveau.



veau.

Figuren ovenfor viser, at realistic-case-scenariet (50%) er meget lig både Alstoms 2018 plan såvel som den tidligere Deloitte-simulering fra 2017 (95%). Alstoms nye plan indikerer, at det var behov for at genplanlægge ud fra 95% simuleringen i 2017.

Banedanmarks analyse og vurdering: Som det fremgår af output tager 95% scenariet højde for opdagelsen af i alt 3 ekstra First of Class for serie 1 og 2 med tilhørende forsinkelse i relation til RDT-forløbet (dvs. i alt 6 IC3 First of Class). RDT-forsinkelserne ophobes for hver ekstra First of Class tilføjes.

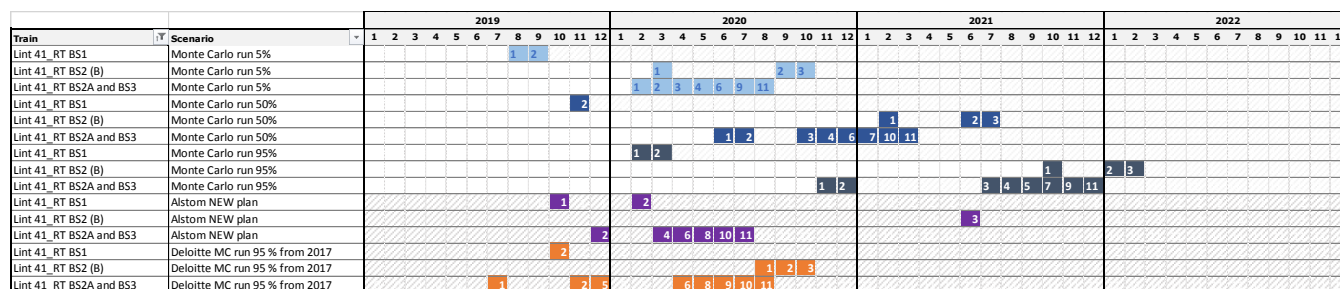
I simuleringen håndteres de ekstra First of Class på en måde, som skaber store teoretiske forsinkelser for den samlede plan. Banedanmark vurderer, at udfaldet af 95% scenariet har en lav sandsynlighed, og i tilfælde af et sådan udfald ville Onboard-projektet planlægge arbejdet med de ekstra First of Class på en måde, som ikke forsinkede den samlede udrustning i den grad som det sker i simuleringen.

Omvendt vurderer Banedanmark, at 5% scenariet er optimistisk og har en lav sandsynlighed. Scenariet omfatter fx ikke pauseperioder mellem udrustningen af hvert tog, hvilket ikke svarer til hvordan udrustningen foregår i praksis.

Banedanmark vurderer, at 50% scenariet giver en konservativ, men dog troværdig simulering af udrustningen af IC3 som følge af de kendte usikkerheder. Scenariet omfatter en ekstra First of Class for Serie 2 og en forsinkelse ind i 3. kvartal 2023. Banedanmark vur-

efter de skal bruges. I værste udfald (95%) er togene først udrustet i december 2021 – dvs. omkring et år efter de skal bruges.

Figuren nedenfor viser simuleringerne af udrustningsplanen på et mere detaljeret ni-



veau.

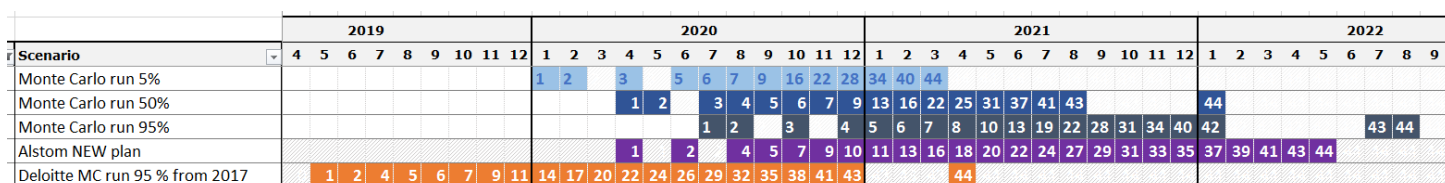
Banedanmarks analyse og vurdering: Banedanmark vurderer samlet, at simuleringen ikke er fuldstændig repræsentativ for hvordan Banedanmark vil håndtere usikkerheden forbundet med udrustningen af så kompleks en togtype med så mange mulige First of Class indenfor så lille en flåde. Dette gælder særligt for 50% og 95% simuleringen. I praksis vil Signalprogrammet håndtere udrustningen af serien og usikkerhederne hermed på en anden måde end 50% og 95% simuleringen viser. Banedanmark vurderer, at det vil være muligt at mitigere potentielle usikkerheder/forsinkelser, så de 12 tog kan udrustes til oktober 2020 og indsættelse i køreplanen for 2021. Banedanmark har siden simuleringen blev gennemført arbejdet på en ny plan for udrustningen af den 12 tog, som bl.a. indebærer mitigering i form af pre-fitment med henblik på at nedbringe antallet af First of Class. Denne plan svarer i højere grad til 5% simuleringen, og nedbringer usikkerheden forbundet med antallet af First of Class. Input til simuleringen er imidlertid ikke korrigeret som følge af den nye plan.

5.6 DSB IR4

Data-input: Realistic case input-estimerer er baseret på Alstoms plan, hvor design og materialeindkøb gennemføres fra medio 2018 til medio 2019. First of Class indbygning påbegyndes i august 2019, og serieinstallation afsluttes medio 2022. Der er kun forudsat 1 First of Class til best case og realistic case, mens der er forudsat 3 First of Class i worst case.

Data-output: Simuleringen viser, at det er sandsynligt (50%), at de 44 DSB IR4 senest er udrustet januar 2022, og at togene med al sandsynlighed (95%) er udrustet senest i august 2022.

Figuren nedenfor viser simuleringerne af udrustningsplanen på et mere detaljeret ni-



veau.

Banedanmarks analyse og vurdering: Banedanmark vurderer, at 5% simuleringen indebærer en væsentlig optimering ift. Alstoms plan, og togene er udrustet 1 år og 3 måneder tidligere. 50% simuleringen indebærer 1 ekstra First of Class, men togene er udrustet i januar 2022. Det er 4 måneder tidligere end i Alstoms plan. 95% simuleringen indebærer 2 ekstra First of Class, og togene er udrustet i august 2022 – dvs. 3 måneder senere end i Alstoms plan.

Banedanmark vurderer på baggrund af simuleringen, at det vil være muligt at udruste togene til senest medio 2022, hvis arbejdet på First of Class fortsætter i 2019, så First of Class kan være udrustet i 1. halvår 2020.

6 Konklusion

Banedanmark vurderer på baggrund af den nye simulering af usikkerheden ved ombordudrustningsplanen, at det generelt er sandsynligt, at de nødvendige tog senest er udrustet, når de skal bruges ifølge de nye planer for Signalprogrammet (Banedanmarks Anlægsplan 2018). Simuleringen viser, at der fortsat er væsentlig usikkerhed forbundet med udrustningsplanen, og simuleringen giver ikke fuld sandsynlighed for, at programplanen kan overholdes. Alstoms planudkast indeholder allerede en vis robusthed og Banedanmark vurderer, at de usikkerheder ved udrustningsplanen, der måtte forekomme, kan håndteres indenfor programplanens tidsramme. Banedanmark kan eventuelt opnå øget tryghed for planen i 2019, når der foreligger flere erfaringer med udrustning af bl.a. IC3. Dette afhænger dog af den konkrete fremdrift.

Banedanmark vurderer på baggrund af den nye 2018 simulering, hidtil høstede erfaringer samt mulige mitigerende handlinger, at Signalprogrammets nuværende programplan og Banedanmarks Anlægsplan 2018 kan overholdes, og at der derfor på nuværende tidspunkt ikke er grundlag for at justere strategien for Signalprogrammet eller igangsætte yderligere immunisering.

For DSB IC3 viser simuleringen, at der fortsat er usikkerhed ved udrustningsplanen for IC3. Simuleringen viser, at der er 50% sandsynlighed for, at de 96 tog senest er udrustet i august 2023 – dvs. 4 måneder inden de skal bruges ultimo 2023. I simuleringen med 95% sandsynlighed – hvor stort set alle kendte usikkerheder indtræffer så negativt som muligt – vil de 96 tog først være klar i oktober 2025, men de første 20 tog vil dog være udrustet som forudsat ultimo 2020. Usikkerheden ved udrustningen af IC3 vil som nævnt eventuelt kunne nedbringes yderligere når Banedanmark har påbegyndt serieudrustningen af IC3 i 2019. Da udrustningen af IC3 er kritisk for Signalprogrammet, vil det være væsentligt fortsat at følge IC3 tæt for at øge sikkerheden for, at togene kan udrustes til ultimo 2023.

For DSB MQ er der 95% sandsynlighed for, at alle 20 tog er udrustet til ultimo 2020. For de første 12, som skal bruges til Roskilde-Køge er der dog sandsynligt (50%), at togene først er klar i løbet af 1. halvår 2019. Her kan der derfor være behov for først at ibrugtage strækningen, når togene er udrustet og derved samtidigt imødekomme eventuelle udfordringer i ERTMS-infrastrukturprojektet på strækningen og ønsker fra DSB.

For DSB ABs er der 95% sandsynlighed for, at de nødvendige tog er udrustet som forudsat. For DSB IR4 viser simuleringen, at togene med 95% sandsynlighed senest er udrustet i august 2022, hvis serieudrustningen igangsættes i 1. halvår 2020.

For Arriva Lint41 er der 95% sandsynlighed for, at de første 15 tog er udrustet til ibrugtagning af Struer-Thisted i 2019. Der er over 50% sandsynlighed for, at alle 43 tog er udrustet til ibrugtagning af Holstebro-Struer-Langå i december 2020.

I forhold til simuleringen af Lokaltog Lint41 vurderer Banedanmark, at simuleringen her ikke er fuldstændig repræsentativ for, hvordan usikkerhederne ved denne togtype i praksis vil blive håndteret og mitigeret. Ifølge simuleringen er det sandsynligt, at der først er 12 tog udrustet i marts 2021 - dvs. 3-5 måneder senere end forudsat. Banedanmark vurderer derimod, at togene kan være udrustet til 4. kvartal 2020, idet der siden

simuleringen er arbejdet på en ny plan for disse toge, hvor der bl.a. mitigeres ved at nedbringe antallet af First of Class.

Dertil kommer, at modellen ifølge Banedanmark synes at have tendens til, at worst case input vedr. fx ekstra First of Class vægtes meget højt i både 50% og 95% scenarierne, bl.a. pga. at der er en konservativ bias i input som følge af robusthed i den nye Alstom plan.

Banedanmarks 2018 simulering kan sammenholdes med Deloittes simulering fra 2017, som viste, at det var usandsynligt (under 50% sandsynlighed) at overholde den daværende 2016-plan for Signalprogrammet. På den baggrund valgte Banedanmark i 2017 at genplanlægge og udarbejde en ny strategi for Signalprogrammet med udgangspunkt i Deloittes 95% simulering fra 2017. Alstoms nye 2018 planudkast er i høj grad sammenfaldende med Deloittes 95% simulering fra 2017, og indikerer at det var korrekt at genplanlægge med dette udgangspunkt i 2017.